

## Grob entastet, fein gehackt

Wie der Nährstoffentzug bei der Energieholzernte durch grobes Entasten der Kronen verringert werden kann

Fabian Schulmeyer, Elke Dietz, Marianne Schütt, Karl Hüttl

**Die Produktion von Waldhackschnitzeln hat sich als fester Bestandteil der Forstwirtschaft etabliert. Die mit Wald bestockten Standorte Bayerns weisen überwiegend eine günstige Nährstoffausstattung auf. Es gibt aber auch problematische Standorte, auf denen eine Nutzung bis in die Kronenbiomasse hinein durch den erhöhten Nährstoffentzug negative Auswirkungen haben kann. Im Projekt »Ressourcenschonung durch grob entastetes Energierundholz« wird untersucht, inwieweit sich das Entasten bis in die Baumkrone positiv auf den Nährstoffhaushalt auswirkt. Im Fokus stehen die mit Basen leicht unterversorgten Waldstandorte Bayerns.**

Bei der Nutzung von Energieholz direkt aus dem Wald spielt neben dem Scheitholz auch die Produktion von Hackschnitzeln eine wichtige Rolle. Laut Energieholzmarktbericht der LWF lag der Anteil dieses Sortiments 2012 bei rund 10 % des Holzeinschlags (Gaggermeier et al. 2012). Neben der Möglichkeit für die Waldbesitzer, bislang nicht genutzte Sortimente zu vermarkten und so auch notwendige Waldschutzmaßnahmen zu finanzieren, spielt der regional verfügbare und nachhaltige Energieträger Holz inzwischen eine wichtige Rolle in der Wärmewende. Um eine umfassende Nachhaltigkeit trotz steigender Nachfrage zu gewährleisten, muss man sich unter anderem auch die Frage nach den Nährstoffentzügen stellen. Dabei ist klar: Wenn der Standort es zulässt, kann der positive Effekt für Betriebsergebnis, Energiewende und Waldschutz gerne genutzt werden. Für Standorte mit knapper Nährstoffausstattung ist dagegen ein differenziertes Vorgehen notwendig. Der Nährstoffentzug bei der Nutzung von Ästen und Baumkronen für Hackschnitzel kann je nach Eingriffsstärke und Intervall der Eingriffe auf unterdurchschnittlich versorgten

Waldstandorten zu Nährstoffmängeln führen, weil überproportional viele Nährelemente in Ästen, Reisig und Nadeln enthalten sind (z.B. Pretzsch et al. 2013a). Nach den Erkenntnissen aus der zweiten Bodenzustandserhebung (Schubert et al. 2015) überwiegen an den Inventurpunkten in Bayerns Wäldern mit 77 % die hinsichtlich der Basensättigung mittel bis sehr gut ausgestatteten Böden (Basensättigungstypen 1, 2 und 3). Eine kritische Basenversorgung (Basensättigungstyp 5) findet sich an 8 % der Inventurpunkte. Dazwischen liegt mit 14 % der Basensättigungstyp 4. Zumindest an diesen Standorten mit geringer Basensättigung im gesamten Wurzelraum ist eine Nutzung von Kronenbiomasse ohne Einschränkungen nicht sinnvoll. In einem aktuellen Forschungsprojekt geht die LWF zwei Fragen nach: Wie verteilen sich in Beständen auf solchen Standorten die Biomasse und die Nährstoffe auf die verschiedenen Baumteile und welchen Effekt hat eine angepasste Aufarbeitung auf die Höhe des Nährstoffentzuges und auf die Wirtschaftlichkeit der Energieholzbereitstellung?



Foto: K. Hüttl

Abbildung 1: Die Kronen wurden in der Fallstudie Silberbach motormanuell grob entastet.



Foto: F. Schulmeyer

Abbildung 2: Aufarbeitung eines Probenastes. Feinreisig und Nadeln werden vom Ast getrennt verpackt und zur Analyse ins Labor gebracht.

## Grob entastetes Energierundholz

Die untersuchte Aufarbeitungsvariante zeichnet sich dadurch aus, dass oberhalb der Aushaltungsgrenze der stofflichen Sortimente die Kronen grob entastet werden. Diese Kronenspindeln, die eine Vielzahl an Aststummeln aufweisen (Abbildung 1) und unterschiedliche Längen haben, können am dünneren Ende Durchmesser unterhalb der Derbholzgrenze aufweisen. Nach der Aufarbeitung werden sie an die Forststraße gerückt und dort zu Hackschnitzeln weiterverarbeitet. Die abgestreiften Äste verbleiben im Bestand. Die Methode kann sowohl bei der maschinellen als auch bei der motomanuellen Holzernte angewendet werden. Es wird erwartet, dass die Nährstoffentzüge im Gegensatz zur klassischen Kronennutzung deutlich reduziert werden können und die Qualität der Hackschnitzel durch den geringeren Anteil an Nadeln und Feinreisig höher ausfällt.

## Stand der Arbeiten

Ziel bei der Auswahl von Versuchsstandorten war es, die bereits bei vorherigen Projekten zur Nährstoffnachhaltigkeit untersuchten Waldstandorte Bayerns zu ergänzen und aus den bisher noch nicht untersuchten Bodeneinheiten jene auszuwählen, die eine vergleichsweise ungünstige Basensättigung (Basensättigungstyp 4) aufweisen. Es wurden solche Bodeneinheiten ausgewählt, die bayernweit einen relevanten Anteil an Waldstandorten des Basensättigungstyps 4 haben. Bisher wurden Fichtenbestände der Bayerischen Staatsforsten im Forstbetrieb Selb in der Nähe von Silberbach, im Forstbetrieb Rothenkirchen nahe Lauenstein und im Forstbetrieb Roding bei Trasching beprobt.

Auf der Versuchsfläche Silberbach sind die Außenaufnahmen im Frühjahr 2015 abgeschlossen worden. Derzeit sind noch einige Biomasseproben zur Bestimmung der Nährelementgehalte im Labor. Die Versuchsfläche Lauenstein wurde

im Juli 2015 fertig bearbeitet, die Berechnung der Biomassen und Laboranalysen laufen. In Trasching wurde im November 2015 mit den Untersuchungen begonnen. Im Folgenden werden erste Ergebnisse aus Silberbach vorgestellt.

Am Standort Silberbach liegen als Bodentypen (Norm-) Braunerden vor, selten Podsol-Braunerden aus Granit- und Gneisssubstraten, teils mit geringer Lößbeimengung in der Deckschicht. Ihre Nährstoffversorgung hinsichtlich Kalium, Magnesium und Calcium ist als gering anzusehen. Laut bayrischer Kalkungskulisse wird eine Kalkung an diesem Standort als »möglich« gesehen.

## Probengewinnung im Wald

Die Probenahme für die Biomasse- und Nährstoffbestimmungen an insgesamt fünf Fichten erfolgte in Silberbach zeitgleich mit einer planmäßigen Verjüngungsnutzung im November 2014. Zunächst wurde der Bestand ertragskundlich charakterisiert. In einer Stichprobe wurden Grundflächen, Brusthöhendurchmesser (BHD), Baumhöhen und Kronenansatzhöhen bestimmt. Dies ist erforderlich, um die spätere Hochrechnung der erhobenen Biomassen und Nährstoffgehalte der Probestämme auf die Bestandesfläche auszuweiten. Für die Probengewinnung wurden hinsichtlich der BHD-Verteilung innerhalb der Kraft'schen Klassen repräsentative Bäume ausgewählt: 1 Baum der Kraft'schen Klasse 1 mit BHD 56 cm, zwei Bäume der Kraft'schen Klasse 2 mit BHD 52 cm und 44 cm, und je ein Baum der Kraft'schen Klasse 3 mit BHD 44 cm und der Kraft'schen Klasse 4 mit einem BHD von 32 cm. Drei Bäume wurden mit Baumsteigern beerntet, zwei wurden gefällt. Aus den unterschiedlichen Baumkompartimenten wie Stammholz mit Rinde, Äste (Durchmesser > 1 cm), Zweige (Durchmesser < 1 cm) mit Nadeln sowie Totäste wurden repräsentative Proben für die Bestimmung des Wassergehaltes und der Nährelementgehalte entnommen (Abbildung 2).

In Abhängigkeit der Konkurrenzsituation und der Hangneigung im Bestand variiert die Biomasse der Baumkrone mit der Exposition. Die Entnahme der Probenäste verlief daher umlaufend um den Stamm, wobei an jedem 2. Wirtel in alter-



Abbildung 3: Die Krone wird bei 14 cm Stammdurchmesser gekappt, auf die Plane abgelassen und dort weiter aufgearbeitet.

Tabelle 1: Bestandskenndaten Fallstudie Silberbach

| Versuchsbestand Silberbach |   |
|----------------------------|---|
| Nutzungsart                | Verjüngungsnutzung, motomanueller Hieb  |
| Fläche                     | 3,5 ha  |
| Alter                      | 100 (70–140) Jahre  |
| Baumartenverteilung        | 85 % Fichte, 15 % Kiefer in Einzelmischung  |
| Vorausverjüngung           | Gesicherte Vorausverjüngung aus Fichte und Buche auf ca. 80 % der Hiebsfläche vorhanden |
| BHD ausscheidender Bestand | 43,5 (23–65) cm   |
| Entnahmesatz               | 48 Fm/ha  |



nierender Himmelsrichtung ein Probenast entnommen wurde. Beim Einsatz von Baumsteigern wurde die Krone bei 14 cm Stammdurchmesser gekappt, abgelassen und am Boden weiter aufgearbeitet (Abbildung 3). Der Bereich unter dem Probebaum wurde mit Planen ausgelegt, um eine Verunreinigung des Materials mit Boden und Streu zu vermeiden. Über die gesamte Stammlänge wurde wirtelweise das Frischgewicht von Ästen und Zweigen (Durchmesser < 1 cm) mit Nadeln ermittelt. Anhand des Wassergehaltes der gewonnenen repräsentativen Proben und der im Feld ermittelten Frischgewichte wurde die Trockenmasse (TM) der Bäume und der Baumkompartimente berechnet.

### Berechnung der Biomassen

Das Gesamtgewicht der Fichten nahm wie zu erwarten mit der sozialen Stellung deutlich ab. Der Baum der Kraft'schen Klasse 1 wies etwa 1.600 kg TM auf, jener der Kraft'schen Klasse 3 etwa die Hälfte (rund 750 kg TM) und jener der Kraft'schen Klasse 4 weniger als ein Viertel (etwa 350 kg TM). Die Wassergehalte von Stammholz, Rinde und Feinreisig mit Nadeln betragen in allen fünf Bäumen rund 50 %, der Wassergehalt der Äste lag im Mittel bei 37 %, der Totäste bei 16 %. Der Anteil der Kronenbiomasse ab Kronenansatz (Äste, Totäste, Feinreisig und Nadeln sowie der Wipfel oberhalb 7 cm Stammdurchmesser) an der Gesamtbiomasse lag zwischen 25 und 32 % (im Mittel 28 %). Dies deckt sich mit Studien anderer Autoren. Rumpf et al. (2012) geben für Fichten mit einem BHD von 40–50 cm einen prozentualen Anteil von 20–25 % der Krone an der Gesamtbiomasse an. Laut Pretzsch et al. (2013b) macht der Anteil von Fichtenkronen auf Granit in Bayern etwa 30–35 % an der Gesamtbiomasse aus.

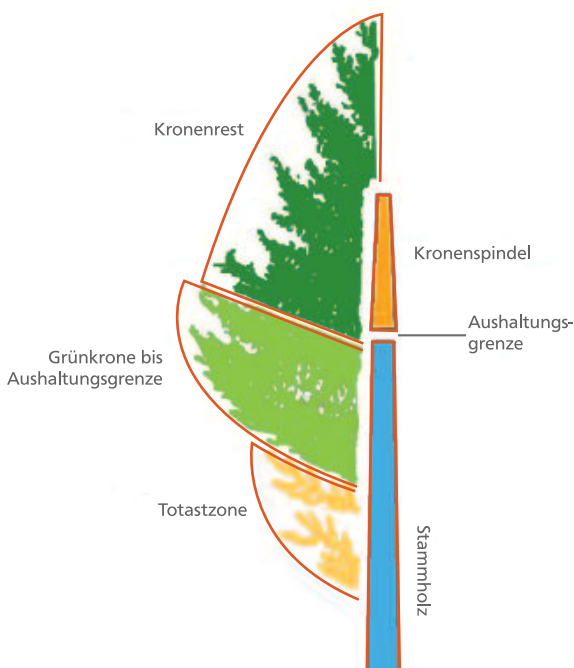


Abbildung 4: Schematischer Aufbau des Baumes und Einteilung in die Baumkompartimente.

Je nach Ernteverfahren und Sortierungsanweisung kann die Aushaltungsgrenze für die stofflichen Sortimente stark variieren. Unabhängig von der weiteren Nutzung des darüber liegenden Kronenteils verbleiben die grünen Äste, die beim Entasten der stofflichen Sortimente abgetrennt werden, oft im Bestand oder werden zur Armierung der Rückegassen eingesetzt. Für die folgenden Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass in diesen Fällen nur diejenigen Äste, die oberhalb der Aushaltungsgrenze an der Krone wachsen, entnommen werden. Der Effekt der groben Entastung im Kronenbereich fällt unterschiedlich aus, je nachdem bei welchem Stammdurchmesser das Hackholz beginnt. Auf Grundlage der Messungen in Silberbach wurden zwei Varianten gerechnet: einmal mit einer Aushaltungsgrenze von 14 cm, was als realistisch für die vollmechanisierte Holzernte angenommen wurde, und einmal mit einer Aushaltungsgrenze von 18 cm, die in der in Silberbach tatsächlich erfolgten motormanuellen Holzernte beobachtet wurde. Es wurde jeweils davon ausgegangen, dass die grob entasteten Kronenspindeln einen mittleren Durchmesser von 7 cm am dünnen Ende haben.

Die Massen der nährstoffreichen grünen Kronenteile unterhalb einer Aushaltungsgrenze von 14 cm (also die grünen Äste an den Stammteilen stärker 14 cm, vgl. Abbildung 4) unterscheiden sich bei den Probebäumen sehr stark (Abbildung 5). Sie nahmen mit der sozialen Stellung der Bäume von etwa 350 kg TM in der Kraft'schen Klasse 1 und 2 bis zu 42 kg TM in der Kraft'schen Klasse 4 ab. Bei der Nutzung ganzer Kronen würden nur diese Äste im Bestand verbleiben. Zusammen mit den Totästen in diesem Bereich und unterhalb der Krone machte dies bis 28 % (im Mittel 24 %) der Gesamtmasse bei den vorherrschenden Bäumen der Kraft'schen Klasse 1 und 2 sowie 14 % beim Baum der Kraft'schen Klasse 4 aus. Nach dem in der Fallstudie Silberbach durchgeführten motormanuellen Hieb ergab sich für die Kronen ein mittlerer Durchmesser am starken Ende von 18 cm (entspricht der tatsächlichen Aushaltungsgrenze). Dabei verblieben bei vorherrschenden Bäumen im Mittel nur 17 %, für den Baum der Kraft'schen Klasse 4 nur etwa 4 % der Baumbiomasse im Bestand falls die Krone oberhalb der Aushaltungsgrenze vollständig energetisch genutzt würde (Abbildung 6).

Oberhalb der Aushaltungsgrenze von 14 cm zum Wipfel hin würden im Vergleich zur Nutzung ganzer Kronen durch das Abstreifen der Äste sowie das Belassen des Wipfels bei den Probebäumen zwischen 4 und 15 % (im Mittel 9 %) bezogen auf die Gesamtbiomasse des Baumes zusätzlich im Bestand verbleiben. Bei Bäumen der Kraft'schen Klasse 4 würde sich die belassene Menge an grünem Kronenmaterial etwa verdoppeln, bei Bäumen der Kraft'schen Klassen 1 und 2 entspräche dies immerhin einer Erhöhung um 20 bis 50 %.

Im Vergleich dazu konnte bei dem durchgeführten Hieb durch das grobe Entasten bei einer Aushaltungsgrenze von 18 cm zwischen 12 und 26 % (im Mittel 17 %) der Biomasse bezogen auf den gesamten Baum zusätzlich im Bestand verbleiben. Bei Bäumen der Kraft'schen Klassen 1 und 2 konnte die verbleibende Menge an grüner Kronenbiomasse im Bestand gegenüber der Nutzung ganzer Kronen verdoppelt werden. Bei Bäumen der Kraft'schen Klasse 4 verblieb sogar die 9-fache Menge an Feinreisig (inkl. Nadeln) im Bestand.

Anteilige Gewichte der einzelnen Baumkompartimente  
Aushaltungsgrenze (AHG) 14 cm

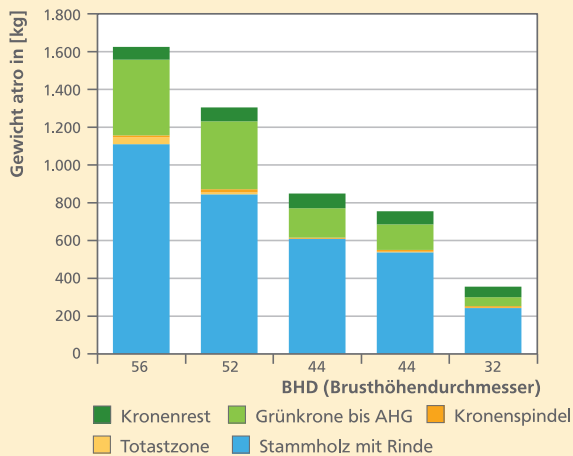


Abbildung 5: Anteilige atro Gewichte (in kg) der einzelnen Baumkompartimente bezogen auf die Aushaltungsgrenze (AHG) 14 cm.

Bei beiden Aushaltungsgrenzen konnte eine deutliche Steigerung der im Bestand belassenen Biomasse gezeigt werden. Je stärker der Zapfdurchmesser der stofflichen Sortimente ausfällt und je niedriger die soziale Stellung des Baumes ist, desto positiver wirkt sich das Streifen auf die im Bestand verbleibende Biomasse und damit voraussichtlich auch auf den Nährstoffhaushalt aus.

### Bereitstellungskosten im Vergleich

Holzernte, Rückung und Hacken des Energieholzes wurden in Silberbach durch Zeitstudien begleitet. Die Ernte erfolgte motormanuell, die Rückung der Energieholzsortimente mit einem 8-Rad-Tragschlepper Timberjack Mini Brunette und das Hacken mit einem Anhänger-Trommelhacker MusMax Wood Terminator 10 an einem Schlepper New Holland T8.360 (Leistung an der Zapfwelle: 250 kW). Die Arbeiten wurden in Arbeitsablaufabschnitte unterteilt und mit mobilen Datenerfassungsgeräten in der Software UMTplus erfasst. Die Hiebsfläche wurde auf Grundlage der erhobenen Bestandeskenndaten in vergleichbare Blöcke unterteilt, von denen die Hälfte wie im Arbeitsauftrag vorgesehen ohne Aufarbeitung der Kronen und die Hälfte mit der Variante »Grob entastetes Energie rundholz« bearbeitet wurden. Erfasst wurde je Block der Zeitbedarf und die Produktivität der Prozessschritte Ernte, Rückung und Hacken und die produzierten Holz mengen.

Bei der klassischen Kronennutzung ergaben sich in der Fallstudie Bereitstellungskosten in Höhe von insgesamt 6,73 Euro je Schüttraummeter Hackschnitzel (€/Srm). Bei der Variante »Grob entastetes Energierundholz« waren es 10,40 €/Srm (Abbildung 7). Die Produktivität bei der Holzernte betrug über alle Sortimente 4,3 Fm je Stunde gesamter Arbeitszeit. Die stofflich verwertbaren Stammteile wurden als Langholz bzw. als Standardlängen ausgehalten. Bei der Nutzung ganzer Kro-

Anteilige Gewichte der einzelnen Baumkompartimente  
Aushaltungsgrenze (AHG) 18 cm

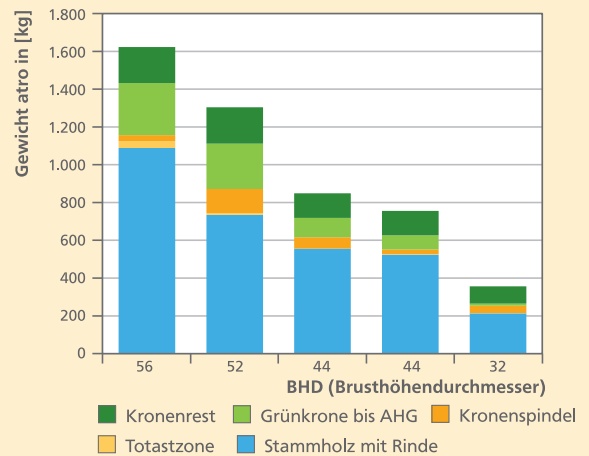


Abbildung 6: Anteilige atro Gewichte (in kg) der einzelnen Baumkompartimente bezogen auf die Aushaltungsgrenze (AHG) 18 cm.

nen fand keine gesonderte Aufarbeitung des Energieholzes statt. Mengengewichtet wurden den hier bereitgestellten Hackschnitzeln Erntekosten von 0,46 €/Srm zugeschlagen. Bei der Variante »Grob entastetes Energierundholz« betrug der mengengewichtete Anteil an den Fällkosten aufgrund des geringeren Hackschnitzelanfalls 0,19 €/Srm. Hinzu kam hier jedoch die grobe Entastung der Krone, die mit 3,62 €/Srm zu Buche schlug. Im Mittel dauerte die Aufarbeitung je Krone 1,6 Minuten. Die Personalvollkosten wurden mit 35 €/ha veranschlagt. Es wird erwartet, dass bei vollmechanisierten Einsätzen der zusätzliche Aufwand deutlich geringer ins Gewicht fallen wird als bei der motormanuellen Ernte.

Gerückt wurde das Langholz mit der Klemmbank, für Standardlängen und Energieholz wurde ein Rungenkorb auf den Tragschlepper aufgebaut. Bei der Rückung von Kronen

Bereitstellungskosten für Hackschnitzel

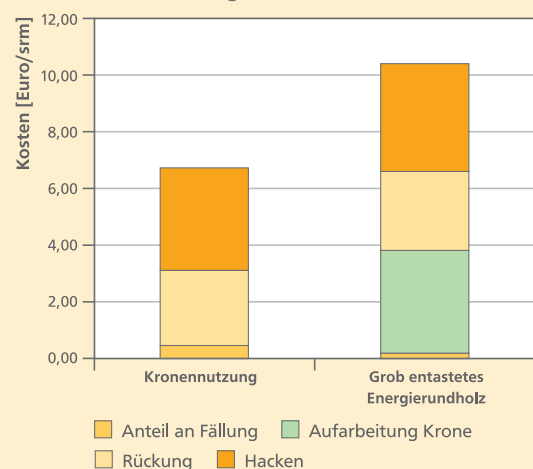


Abbildung 7: Bereitstellungskosten der erzeugten Hackschnitzel



Abbildung 8: Hackschnitzel aus ganzen Kronen (links) und aus grob entastetem Energierundholz (rechts).

und Waldrestholz gelangen Tragschlepper schnell an die Grenzen der Zuladung – allerdings nicht bezogen auf die Masse, sondern auf das Volumen. Durch das grobe Entasten der Kronen wurde erwartet, dass sich die Hölzer enger in den Rungekorb stapeln lassen, was die Rückeleistung erhöhen müsste. Tatsächlich ergaben sich in der Fallstudie Silberbach Rückekosten in vergleichbarer Höhe für beide Sortimenten (2,65 €/Srm für ganze Kronen, 2,79 €/Srm für grob entastetes Energierundholz). Ein Erklärungsansatz ist die relativ geringe Rückentfernung von unter 100 m in der Fallstudie. Je Fahrt konnte bei grob entastetem Energierundholz die 1,4-fache Holzmenge transportiert werden, entsprechend länger fiel aber die Kranarbeit aus. Bei längeren Fahrtstrecken wäre also für ganze Kronen eine deutlich geringere Rückeleistung zu erwarten, da die Anzahl der notwendigen Fahrten höher ist.

Beim Hacken konnte ebenfalls kein nennenswerter Unterschied in der Produktivität festgestellt werden. Die Hackkosten beliefen sich auf 3,61 €/Srm für ganze Kronen und auf 3,80 €/Srm für grob entastetes Energierundholz. Die Hackleistung in der Fallstudie Silberbach war vergleichsweise gering, was sicherlich auch auf die relativ kleine Poltergröße zurückzuführen war.

Die Mengenausbeute war beim grob entasteten Energierundholz wie erwartet deutlich reduziert. Bezogen auf die Mengen der stofflichen Sortimente wurden aus den ganzen Kronen 0,46 Srm Hackschnitzel je Festmeter stofflicher Sortimente gewonnen, bei der Variante »Grob entastetes Energierundholz« waren es 0,17 Srm/Fm.

## Ausblick

Die Analyse der Nährelementgehalte in den Baumkompartimenten wird zurzeit durchgeführt. Für die Berechnung der Nährelementgehalte werden die Trockenmassedaten aus der Biomasseerhebung auf die tatsächliche Aushaltungsgrenze der stofflichen Sortimente und die Masse der grob entasteten Kronen umgerechnet. Auf der Hiebsfläche wurden in einem Raster von 30 x 30 m Bodenproben aus drei Tiefen entnommen, in denen ebenfalls die Nährelementgehalte bestimmt werden. Aus den Bodenproben lässt sich die Nährstoffnachlieferung an den Standorten ermitteln, außerdem werden Daten zu Regenwassereinträgen und Sickerwasserausträgen herangezogen. Darauf aufbauend werden standortsbezogene Nährstoff-

bilanzen berechnet. Durch die im Projekt erfolgte detaillierte Baumvermessung wird es möglich, den Nährstoffentzug in Abhängigkeit von der Aufarbeitungsvariante sehr genau darzustellen. Die bisherigen Ergebnisse von der Versuchsfläche Silberbach zeigen, dass durch das grobe Entasten des Energierundholzes die im Bestand verbleibende Biomasse deutlich erhöht werden kann. Da es sich hierbei um die nährstoffreichen grünen Baumteile handelt, könnte dadurch das Wuchspotenzial des mit Basen leicht unterdurchschnittlich versorgten Standorts langfristig gesichert werden.

Auf der Versuchsfläche Lauenstein wurden Arbeitsstudien in der vollmechanisierten Holzernte durchgeführt. Hier wurde als dritte Variante die Aushaltung von Industrieholz alternativ zur Energieholzbereitstellung getestet. Weitere Arbeitsstudien sind in Planung.

Die visuelle Beurteilung der erzeugten Hackschnitzel ergab einen deutlich verringerten Grünanteil bei den grob entasteten Kronen (Abbildung 8). Eine tiefere physikalische Untersuchung der Qualitätsparameter steht noch aus.

## Literatur

Gaggermeier, A.; Friedrich, S.; Hiendlmeier, S.; Zettinig, C. (2014): Energieholzmarkt Bayern 2012. Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern hinsichtlich Aufkommen und Verbrauch. LWF, Freising und C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing.

Pretzsch, H., Block, J., Dieler, J., Gauer, J., Göttlein, A., Moshhammer, R., Schuck, J., Weis, W., Wunn, U. (2013a): Nährstoffentzüge durch die Holz- und Biomassenutzung in Wäldern. Teil 1: Schätzfunktionen für Biomasse und Nährelemente und ihre Anwendung in Szenariorechnungen. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, 185. Jg., Seiten 261-285.

Pretzsch, H., Moshhammer, R., Dieler, J., Böttcher, M., Göttlein, A., Weis, W., Block, J., Schuck, J., Gauer, J., Wunn, U. (2013b): Entscheidungsunterstützungssystem zum Nährstoffentzug im Rahmen der Holzernte. Teil 1: Textteil. Nährstoffbilanzen wichtiger Waldstandorte in Bayern und Rheinland-Pfalz. Abschlussbericht zum Projekt. 204 Seiten.

Rumpf, S., Nagel, J., Schmitt, M. (2012): Biomasseschätzfunktionen von Fichte (*Picea abies* [L.] Karst), Kiefer (*Pinus sylvestris* [L.] Karst), Buche (*Fagus sylvatica* [L.] Karst), Eiche (*Quercus robur* und *petraea* [L.] Karst) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [L.] Karst) für Nordwestdeutschland. In: Forschungsvorhaben: Möglichkeiten und Grenzen der Vollbaumnutzung. Ergebnisbericht (FKZ 22015407). 392 Seiten.

Schubert, A., Falk, W., Stetter, U. (2015): Waldböden in Bayern. Ergebnisse der BZE II. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 213, 2015, 144 Seiten.

---

Das Projekt »Ressourcenschonung durch grob entastetes Energierundholz« wird durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Rahmen der Energiewende gefördert. Wir danken den Forstbetrieben Selb, Rothenkirchen und Roding der Bayerischen Staatsforsten A.ö.R. für die freundliche Unterstützung und das Bereitstellen der Versuchsflächen. Die Autoren sind Mitarbeiter der Abteilung Forsttechnik, Betriebswirtschaft, Holz der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Dr. Marianne Schütt und Karl Hüttl bearbeiten das Forschungsprojekt »Ressourcenschonung durch grob entastetes Energierundholz«, Dr. Elke Dietz und Fabian Schulmeyer leiten das Projekt. Korrespondierender Autor: Fabian Schulmeyer, [Fabian.Schulmeyer@lwf.bayern.de](mailto:Fabian.Schulmeyer@lwf.bayern.de)